

⑤1

Int. Cl. 2:

H 04 B 17/00

①9 **BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND**

G 01 R 19/00

G 01 R 23/10

H 03 K 13/32

DEUTSCHES



PATENTAMT

DE 28 04 867 A 1

①1

Offenlegungsschrift

28 04 867

②1

Aktenzeichen:

P 28 04 867.1

②2

Anmeldetag:

4. 2. 78

④3

Offenlegungstag:

9. 8. 79

③0

Unionspriorität:

③2 ③3 ③1

⑤4

Bezeichnung:

Schaltungsanordnung zur Messung von Störimpulsen, die infolge von Bitfehlern in einem digitalen Nachrichtenübertragungssystem am Analogausgang auftreten

⑦1

Anmelder:

Deutsche Bundespost vertreten durch den Präsidenten des Fernmeldetechnischen Zentralamtes, 6100 Darmstadt

⑦2

Erfinder:

Hessenmüller, H., Dipl.-Ing.; Martin, Detlef, Ing.(grad.); 6101 Roßdorf

DE 28 04 867 A 1

Deutsche Bundespost 2253

Schaltungsanordnung zur Messung von Störimpulsen, die infolge von Bitfehlern in einem digitalen Nachrichtenübertragungssystem am Analogausgang auftreten

(8) Patentansprüche

1. Schaltungsanordnung zur Messung von am Analogausgang des Empfangsteils eines digitalen Nachrichtenübertragungssystems auftretenden durch Bitfehler hervorgerufenen Störimpulsen während des Betriebs,
dadurch gekennzeichnet,
daß am Analogausgang eine Meßeinrichtung (9) für analoge Signale über ein Frequenzfilter (8) derartiger Bemessung parallel angeschaltet ist, daß nur ein schmaler Frequenzbereich (Δf in Fig. 5) aus dem durch einen Störimpuls entstehenden Frequenzspektrum für die Messung herangezogen ist und daß dieser Frequenzbereich (Δf) vom analogen Nutzsignal frei gehalten ist.
2. Schaltungsanordnung nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, daß vor dem Analogeingang des Sendeteils (3) ein einschleifbares Sperrfilter (10) angeordnet ist, dessen Frequenzgang invers zu dem des Frequenzfilters (8) am Analogausgang ist, so daß der für die Messung herangezogene Frequenzbereich (Δf) von analogen Signalen frei gehalten ist.

...

909832/0274

ORIGINAL INSPECTED

2804857

Deutsche Bundespost 2253

3. Schaltungsanordnung nach Anspruch 2,
dadurch gekennzeichnet, daß der Durchlaßbereich des
Frequenzfilters (8) bzw. der Sperrbereich des inversen
Sperrfilters (10) in der Nähe einer der Bandgrenzen des
analogen Nutzsignals innerhalb des Bandes oder außer-
halb der Bandgrenzen des analogen Nutzsignals liegt.
4. Schaltungsanordnung nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, daß das Frequenzfilter (8)
ein schmalbandiger Bandpaß ist.
5. Schaltungsanordnung nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, daß das Frequenzfilter (8)
ein Tiefpaß ist.
6. Schaltungsanordnung nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, daß das Frequenzfilter (8)
ein Hochpaß ist und daß vor dem Analogausgang im Empfangs-
teil (5) ein Bandbegrenzungsfilter in den Signalweg des
Analogsignals eingeschleift ist.
7. Schaltungsanordnung nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, daß an die analoge Meßein-
richtung (9) ein Impulszähler angeschaltet ist.
8. Schaltungsanordnung nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, daß das in der Meßeinrichtung (9)
für analoge Signale verwendete Meßgerät auf den Spannungs-
wert der Störimpulsamplitude geeicht ist.

...

909832/0274

Deutsche Bundespost 2253

Die Erfindung betrifft eine Schaltungsanordnung zur Messung von Störimpulsen, die infolge von Bitfehlern in einem digitalen Nachrichtenübertragungssystem auftreten.

Bei der digitalen Nachrichtenübertragung können durch Störungen auf dem Übertragungsweg Zeichenfehler auftreten. Das bedeutet, daß z.B. in einer binären Signalfolge Zeichen der Wertigkeit "0" in solche der Wertigkeit "1" verfälscht werden oder umgekehrt. Werden Analogsignale in digitaler Form übertragen, so entsteht durch jeden solchen Zeichenfehler am Ausgang des empfangsseitigen Digital-Analogwandlers ein fehlerhafter Amplitudenwert von der Dauer einer Abtastperiode. Die Amplitude des Fehlers hängt von der Wertigkeit des gestörten Bits, vom Codiergesetz und sofern eine nicht-lineare Codierung durchgeführt wird, vom Signalmomentanwert ab. Handelt es sich bei den übertragenen Analogsignalen um Fernsprech- oder Tonrundfunksignale, so sind diese Störimpulse als Knack-Geräusche hörbar. Während für digital übertragene Fernsprechsignale eine mittlere Bitfehlerhäufigkeit von 10^{-5} bis 10^{-4} akzeptabel ist, wird für Analogsignale höherer Qualität (z.B. Tonprogrammsignale) eine Bitfehlerhäufigkeit von höchstens 10^{-7} gefordert. Mit der Verbreitung der digitalen Übertragungstechnik wächst das Bedürfnis, derartige Störimpulse bezüglich ihrer Größe und Häufigkeit zu messen.

Aus der DT-AS 20 61 705 ist eine Meßschaltung bekannt, bei der ein Pilotsignal aus einem bandbegrenzten Rauschsignal gebildet und auf einem Pilotkanal übertragen wird. In einem Empfangsteil wird ein von dem Pilotsignal nicht belegter Teil des Frequenzbandes des Pilotkanals überwacht. Bei dieser bekannten Meßschaltung ist es jedoch nachteilig, daß nur das Über-

2804867

Deutsche Bundespost 2253

tragungssystem im ganzen überwacht wird und zusätzliche Bitfehler nicht erfaßt werden, die z.B. auch durch Codier- bzw. Decodierfehler in den belegten Kanälen entstehen können. Darüber hinaus wird die Zahl der nutzbaren Kanäle des Übertragungssystems durch diesen Pilotkanal um eins erniedrigt.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, während des Betriebes die Größe und Häufigkeit von Störimpulsen zu messen, die am Analogausgang des Empfangsteils eines digitalen Nachrichtenübertragungssystems in einem mit einem analogen Nutzsignal belegten Übertragungskanal auftreten. Zugleich soll der gerätemäßige Aufwand möglichst gering gehalten werden. Ferner soll die Messung schnell und möglichst unmittelbar zu einem sicheren Ergebnis führen.

Diese Aufgabe wird durch die im Hauptanspruch gekennzeichnete Erfindung gelöst. Danach ist an die vom Analogausgang zur Signalsenke führende Signalverbindung eine Meßeinrichtung für analoge Signale über ein schmalbandiges Frequenzfilter parallel angeschaltet.

Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet.

Die mit der Erfindung erzielten Vorteile bestehen insbesondere darin, daß die Messung in jedem mit einem analogen Nutzsignal belegten Übertragungskanal des Nachrichtenübertragungssystems erfolgen kann und daß alle zwischen Signalquelle und Signalsenke auftretenden Bitfehler in dem Übertragungskanal erfaßt werden, an den die Meßeinrichtung angeschaltet ist.

...

909832/0274

2804867

Deutsche Bundespost 2253

Vorteilhaft ist auch, daß weder ein Pilotsender noch ein spezieller Pilotkanal im Nachrichtenübertragungssystem benötigt wird.

Ferner genügt ein nur sehr schmaler Frequenzbereich, der zur Messung herangezogen wird, um die Amplitude des Störimpulses sicher zu bestimmen.

Besonders vorteilhaft ist es, wenn dieser Frequenzbereich außerhalb des Frequenzbandes des analogen Nutzsignals liegt und so nur der analogen Meßeinrichtung ein Frequenzfilter vorgeschaltet werden muß.

Um das Meßergebnis nicht durch analoge Signale bzw. Störungen zu verfälschen, die in dem für die Messung herangezogenen Frequenzbereich liegen und in der Signalquelle oder auf der Verbindung zwischen dieser und dem Analogeingang des Sendeteils auftreten können, ist zweckmäßigerweise vor diesem Analogeingang ein einschleifbares Sperrfilter angeordnet, dessen Frequenzgang invers zu dem des Frequenzfilters am Analogausgang ist. Durchlaßbereich und Sperrbereich der beiden Filter sind somit vertauscht.

Diese Maßnahme bringt den Vorteil, daß nur solche Störungen gemessen und angezeigt werden, die durch Bitfehler entstehen.

Das vorerwähnte Einschleifen eines Sperrfilters ist nur dann notwendig, wenn es nicht möglich ist, einen Frequenzbereich außerhalb des Frequenzbandes des analogen Nutzsignals zur Messung auszuwählen. Der Sperrbereich des Sperrfilters ist dann entsprechend wie der Durchlaßbereich

...

909832/0274

2804867

Deutsche Bundespost 2253

des Frequenzfilters in das analoge Nutzsignal, jedoch zweckmäßigerweise in die Nähe einer der Bandgrenzen zu legen. Das geringe Beschneiden des analogen Nutzsignals beeinflusst die Qualität der Übertragung kaum bzw. nur unmerklich, da in der Nähe der Bandgrenzen ohnehin nur wenig Information übertragen wird. Dieser somit sendeseitig analogsignalfrei gehaltene Frequenzbereich kann vor der Meßeinrichtung ausgefiltert und auf Bitfehler untersucht werden.

Über ein digitales Nachrichtenübertragungssystem können verschieden geartete analoge Signale wie Sprache, Musik oder Videosignale übertragen werden. Dadurch wird sich der z.B. durch Versuche ermittelte günstigste, vom analogen Nutzsignal am wenigsten belegte Frequenzbereich Δf je nach Nutzsignalart verschieben. Selbst bei einem Verlegen des Frequenzbereichs Δf außerhalb des analogen Nutzsignals ist ein Verändern dieses Frequenzbereiches durch die verschiedenen Bandbreiten der Nutzsignalarten unumgänglich.

Um den jeweils günstigsten Frequenzbereich Δf vor der Meßanordnung ausfiltern zu können, ist dort verzugsweise ein gegebenenfalls in seiner Durchlaßfrequenz verstellbarer Bandpaß mit schmaler Durchlaßkurve anzuordnen. Eine entsprechende Bandsperre ist vor den Eingang des Übertragungssystems zu schalten. Mit dieser Filteranordnung können alle in Frage kommenden Frequenzbereiche (auch in der Mitte des Nutzsignalbandes) zur Messung verwendet werden.

Ist sichergestellt, daß sich die Signalart des analogen Nutzsignals nicht ändert und der Frequenzbereich Δf unterhalb oder innerhalb des Nutzsignals in der Nähe der unteren

...

Deutsche Bundespost 2253

Bandgrenze liegt, genügt ein Tiefpaß vor der Meßanordnung und ein komplementärer Hochpaß vor dem Eingang des Übertragungssystems. Wenn der Frequenzbereich Δf oberhalb oder innerhalb des Nutzsignals in der Nähe der oberen Bandgrenze liegt, genügt ein Hochpaß vor der Meßanordnung und ein komplementärer Tiefpaß am Eingang des Übertragungssystems, um diesen gewünschten Frequenzbereich zur Messung auszufiltern und vor dem Übertragungssystem zu sperren. Ein ohnehin im Empfangsteil vorhandenes Bandbegrenzungsfilter bildet mit dem Hochpaß bzw. dem Tiefpaß vor der Meßanordnung die gewünschte, einem Bandpaß entsprechende Durchlaßcharakteristik.

Als Meßeinrichtung für analoge Signale können wahlweise Meßgeräte zur Anzeige des Effektivwertes, des Spitzenwertes oder des arithmetischen Mittelwertes verwendet werden. Deshalb sind auch bereits vorhandene Meßgeräte ohne weiteres für die Erfindung einsetzbar.

Nach einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist das in der Meßeinrichtung für analoge Signale verwendete Meßgerät auf den Spannungswert der Störimpulsamplitude geeicht. Hierdurch kann diese direkt abgelesen werden.

Ist an die Meßeinrichtung für analoge Signale ein Impulszähler angeschaltet, so kann vorteilhafterweise bei einer Messung über einen bestimmten Zeitraum die mittlere Fehlerhäufigkeit des Übertragungskanal ermittelt werden.

Die Erfindung wird anhand eines in Fig. 1 dargestellten Ausführungsbeispieles und von in Fig. 2 bis 5 dargestellten Zeit- bzw. Frequenzdiagramm^{en} näher erläutert.

...

2804867

Deutsche Bundespost 2253

Fig. 1 zeigt ein digitales Nachrichtenübertragungssystem als Blockschaltbild. Wird keine Messung durchgeführt, so steht ein als Doppelumschaltekontakt ausgebildeter Umschalter 2 in der Stellung a und Schalter 7 ist geöffnet (gesperrt). Eine Signalquelle 1 gibt das zu übertragende analoge Nutzsignal über den Umschalter 2 an ein Sendeteil 3 ab. Dieses weist die für die digitale Übertragung notwendigen Baugruppen auf, wie Bandbegrenzungsfilter, Abtasteinrichtung, Analog-Digitalwandler und ggf. Multiplex- und Leitungsanpassungseinrichtung. Das Sendeteil 3 sendet die digitalen Signale auf einen Übertragungsweg 4, auf dem sie möglicherweise Störungen ausgesetzt sind, die Bitfehler erzeugen. Am Ausgang eines Empfangsteils 5, der eine empfangsseitige Leitungsanpassungseinrichtung, ggf. eine Demultiplexeinrichtung, einen Digital-Analogwandler und meist auch ein Bandbegrenzungsfilter enthält, treten infolge solcher Bitfehler Störimpulse auf, die sich in der Signalsenke 6 als Störung, z.B. als Knack, bemerkbar machen und deren Zahl und Amplitude gemessen werden sollen.

Wird der Schalter 7 geschlossen (durchgeschaltet), so gelangt das analoge Nutzsignal vom Analogausgang des Empfangsteils 5 auch zu einer Meßeinrichtung 9 für analoge Signale. Dieser Meßeinrichtung ist ein Frequenzfilter 8 vorgeschaltet.

Erfahrungsgemäß ist in den Bandgrenzen eines analogen Nutzsignals nur wenig Information enthalten und so können nicht nur Frequenzbereiche Δf außerhalb dieser Bandgrenzen, sondern auch innerhalb des analogen Nutzsignals

...

909832/0274

2804867

Deutsche Bundespost 2253

an eben diesen Bandgrenzen zur Messung des Frequenzspektrums der Störimpulse herangezogen werden, deren mathematische und physikalische Gesetzmäßigkeit^{en} noch nachfolgend erläutert werden.

Ein Sperrfilter 10 mit einem zu dem Frequenzfilter 8 inversen Frequenzgang wird durch Betätigen des Umschalters 2 in dessen untere Stellung b zusätzlich in Reihe zwischen die Signalquelle 1 und das Sendeteil 3 eingeschleift. Es hält den für die Messung benutzten schmalbandigen Frequenzbereich frei von analogen Signalen und verhindert Meßverfälschungen durch Frequenzanteile des Analogsignals, die eventuell in diesem schmalbandigen Frequenzbereich liegen.

Ist das Frequenzfilter 8 ein schmalbandiger Bandpaß, so wird man den Durchlaßbereich zweckmäßigerweise auf einen solchen Frequenzbereich Δf legen, in dem im Frequenzspektrum der Störimpulse genügend starke Amplituden auftreten und der vom analogen Nutzsignal nicht oder nur gering mit Information belegt ist.

Liegt der zur Messung benutzte Frequenzbereich Δf unterhalb oder im unteren Bereich des analogen Nutzsignals, so genügt es, das Frequenzfilter 8 als Tiefpaß auszubilden.

Wird dagegen ein Frequenzband für die Messung gewählt, das in der Nähe der oberen Bandgrenze des analogen Nutzsignals oder über dieser liegt und ist im Empfangsteil 5 ohnehin ein Bandbegrenzungsfilter für das Analogsignal vorhanden, so kann das Frequenzfilter 8 ein einfacher

...

909832/0274

2804867

Deutsche Bundespost 2253

Hochpaß sein.

Nach einer einmaligen Eichung der Meßeinrichtung für analoge Signale werden die Störimpulse bezüglich ihrer Amplitude dort direkt angezeigt.

Fig. 2 zeigt als Treppenfunktion 21 die Ausgangsspannung des Digital-Analogwandlers im Spannungs-Zeit-Diagramm.

Jeder aus dem Digitalsignal gewonnene Spannungswert wird für die Dauer einer Abtastperiode T_0 bis zum Beginn des nächsten Abtastwertes konstant gehalten. Durch das Bandbegrenzungsfilter im Empfangsteil 5 wird ein Analogsignal 22 mit kontinuierlichem Verlauf gewonnen. Ein durch einen Bitfehler erzeugter Störimpuls 23 erscheint im Analogsignal 22 als Störschwingung, die das ursprüngliche Signal überlagert. Der Bereich dieser Störung ist im Kurvenverlauf gestrichelt dargestellt.

In Fig. 3 sind zwei unterschiedlich große Störimpulse mit ihren Impulsamplituden U_1 und U_2 im Diagramm über der Zeit aufgetragen. Die zugehörigen spektralen Amplitudendichten $F_1(f)$ und $F_2(f)$ sind in Fig. 4 in Form eines Diagramms über der Frequenz f dargestellt. Diese Spektralfunktionen lassen sich nach dem Fourierintegral

$$F(f) = \frac{1}{f_0} \frac{\sin\left(\pi \frac{f}{f_0} \Delta f\right)}{\frac{f}{f_0}} \quad \text{errechnen,}$$

wobei f_0 die Abtastfrequenz des Übertragungssystems und Δf die variable Frequenz ist. Es wird deutlich, daß bei gleicher Breite der Störimpulse, was einer konstanten Abtastfrequenz entspricht, die Amplitudenspektren für verschiedene Impulsamplituden einander ähnlich sind und die Nulldurchgänge bei

2804867

Deutsche Bundespost 2253

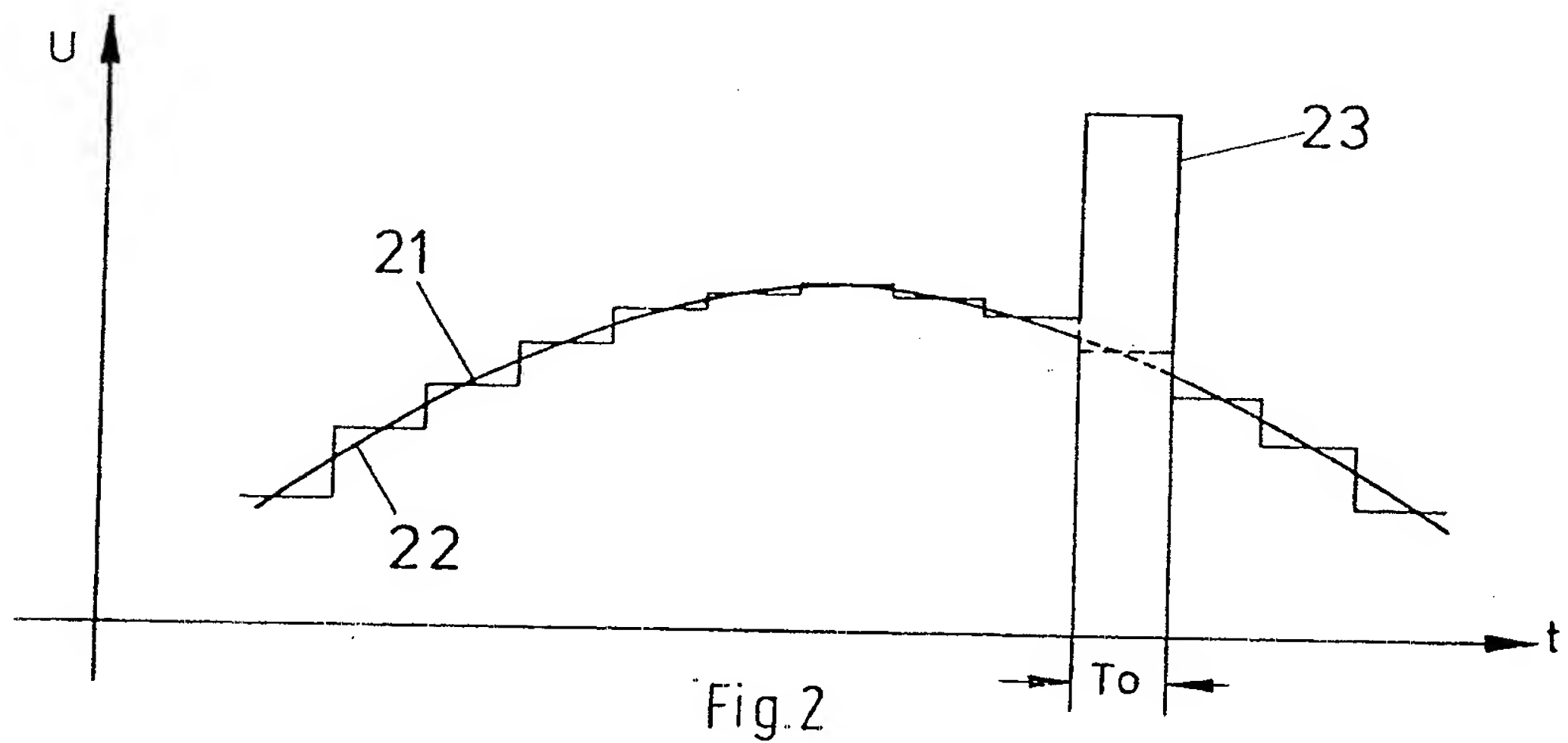
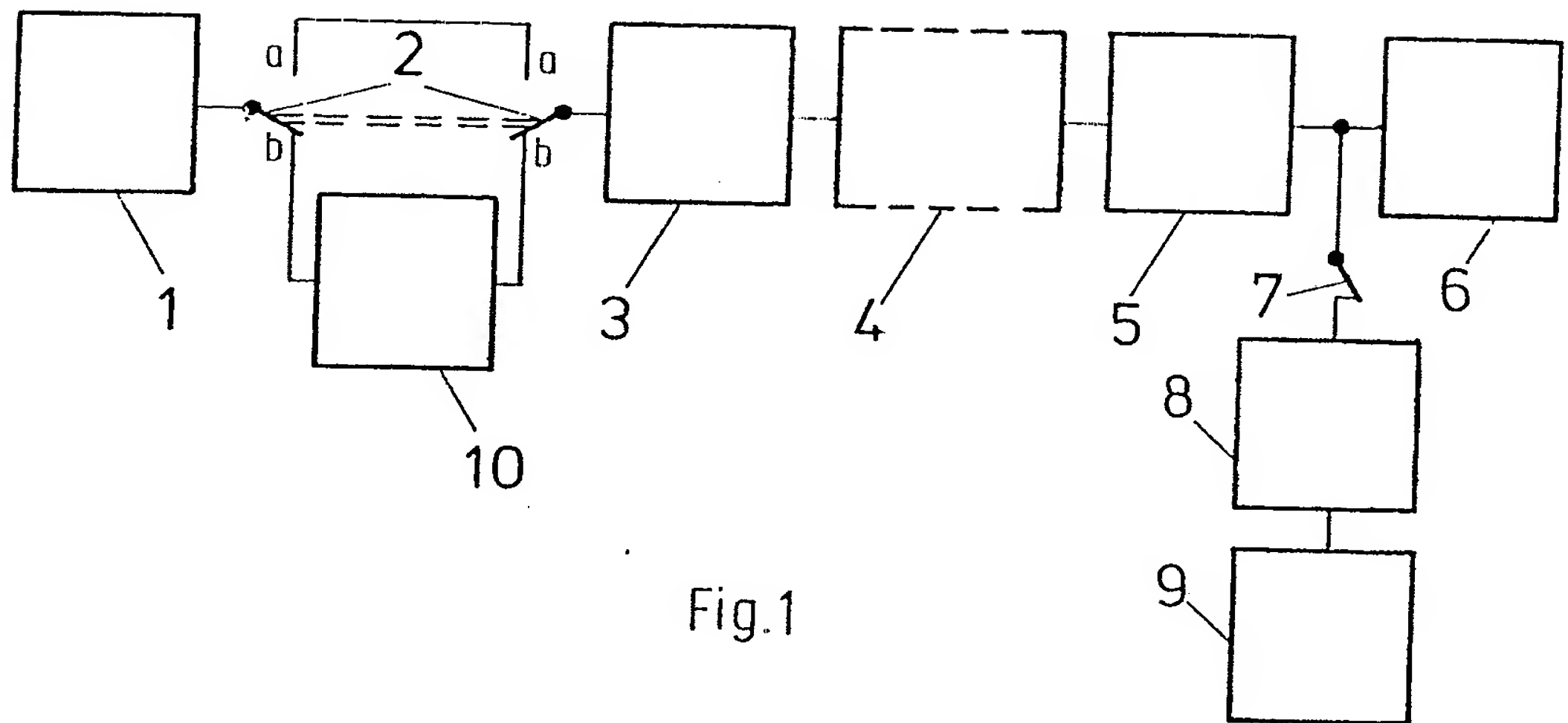
den jeweils gleichen Vielfachen der Abtastfrequenz liegen. Deshalb ist es nicht notwendig, zur Messung des Störimpulsmittelwertes bzw. seiner Amplitude den gesamten Übertragungsbereich zu erfassen.

In Fig. 5 ist ein zur Messung beispielsweise besonders geeigneter Frequenzbereich Δf in die Spektralfunktion $F(f)$ eingezeichnet. Die obere Grenzfrequenz dieses Frequenzbereiches liegt etwa bei $f_0/2$, welches bekanntlich die maximal zu übertragende Frequenz des Übertragungssystems ist. Nur dieser Frequenzbereich Δf passiert das Frequenzfilter 8 bzw. wird von dem Sperrfilter 10 gesperrt.

...

909832/0274

2804867



909832/0274

2804867

1	Signalquelle
2	Umschalter
3	Sendeteil
4	Übertragungsweg
5	Empfangsteil
6	Signalsenke
7	Schalter
8	Frequenzfilter
9	Meßeinrichtung (für analoge Signale)
10	Sperrfilter
21	Frequenzfunktion
22	Analogsignal
23	Störimpuls
U	Spannung
t	Zeit
To	Abtastperiode
U1	erste Impulsamplitude
U2	zweite Impulsamplitude
F	Höhe des Spektrums
F1(f)	spektrale Amplitudendichte der ersten Impuls- amplitude
F2(f)	spektrale Amplitudendichte der zweiten Impuls- amplitude
f ₀	Abtastfrequenz
F(f)	spektrale Amplitudendichte (Spektralfunktion)
Δf	Frequenzbereich (in Fig. 5)

-13-
Leerseite

Fig. 3

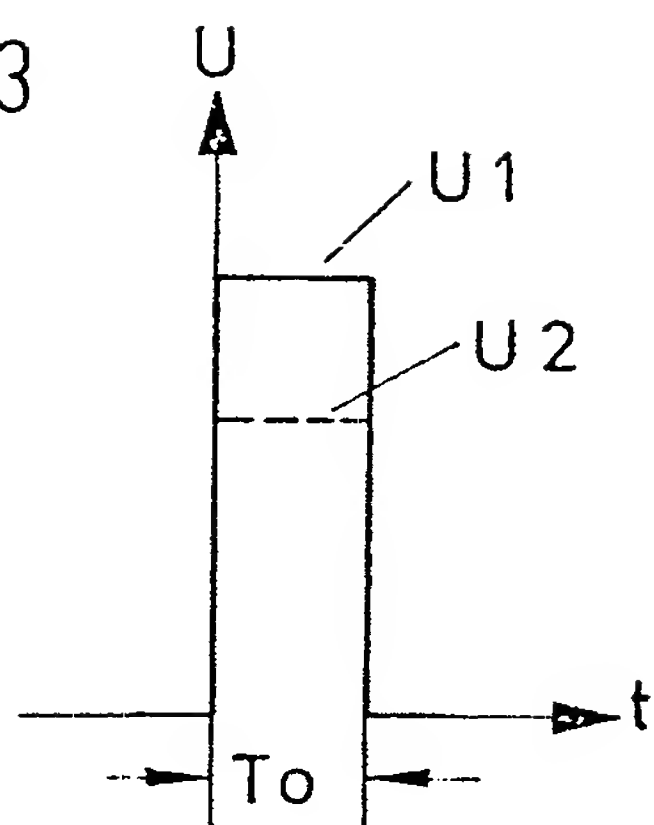


Fig. 4

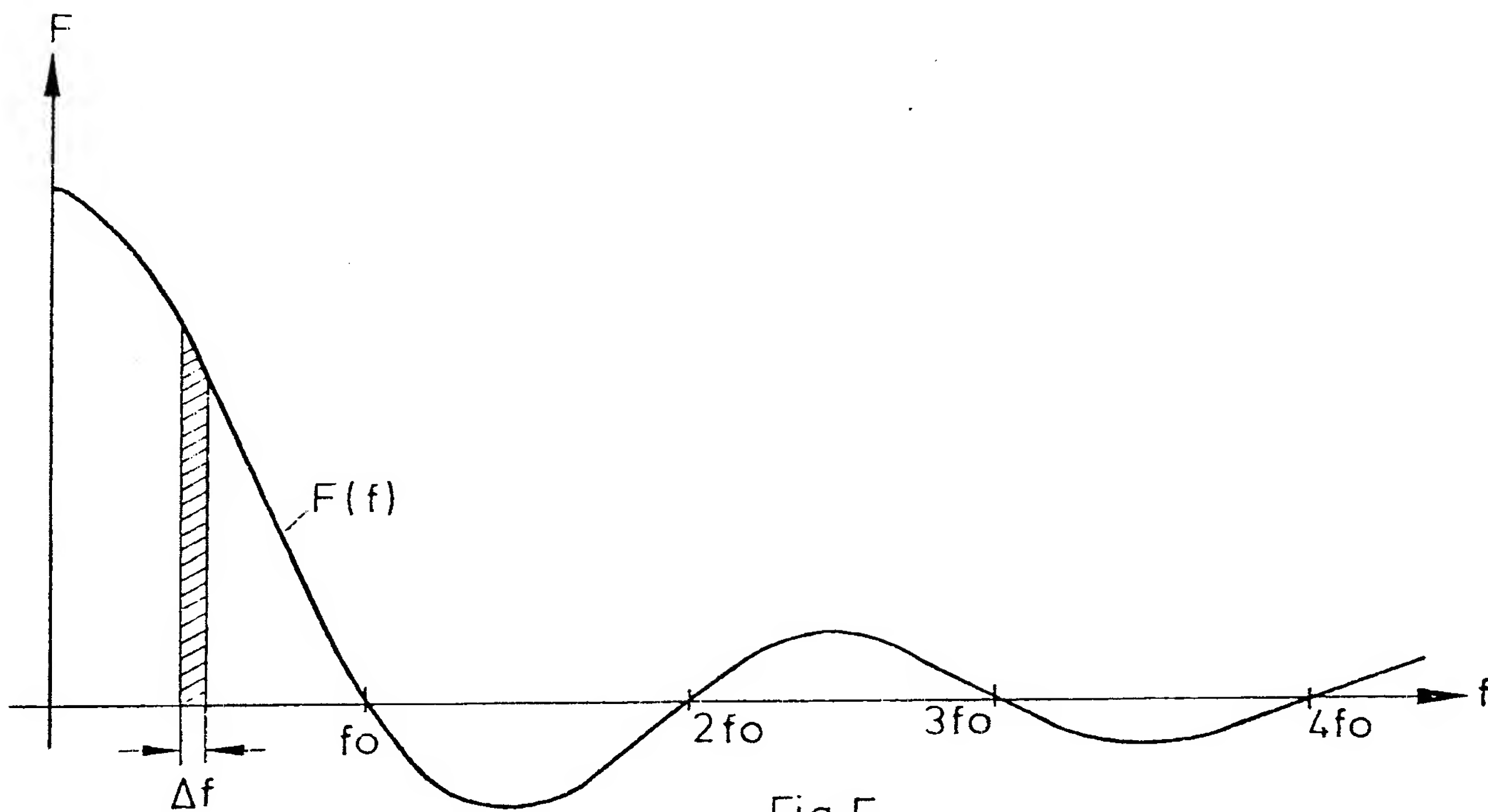
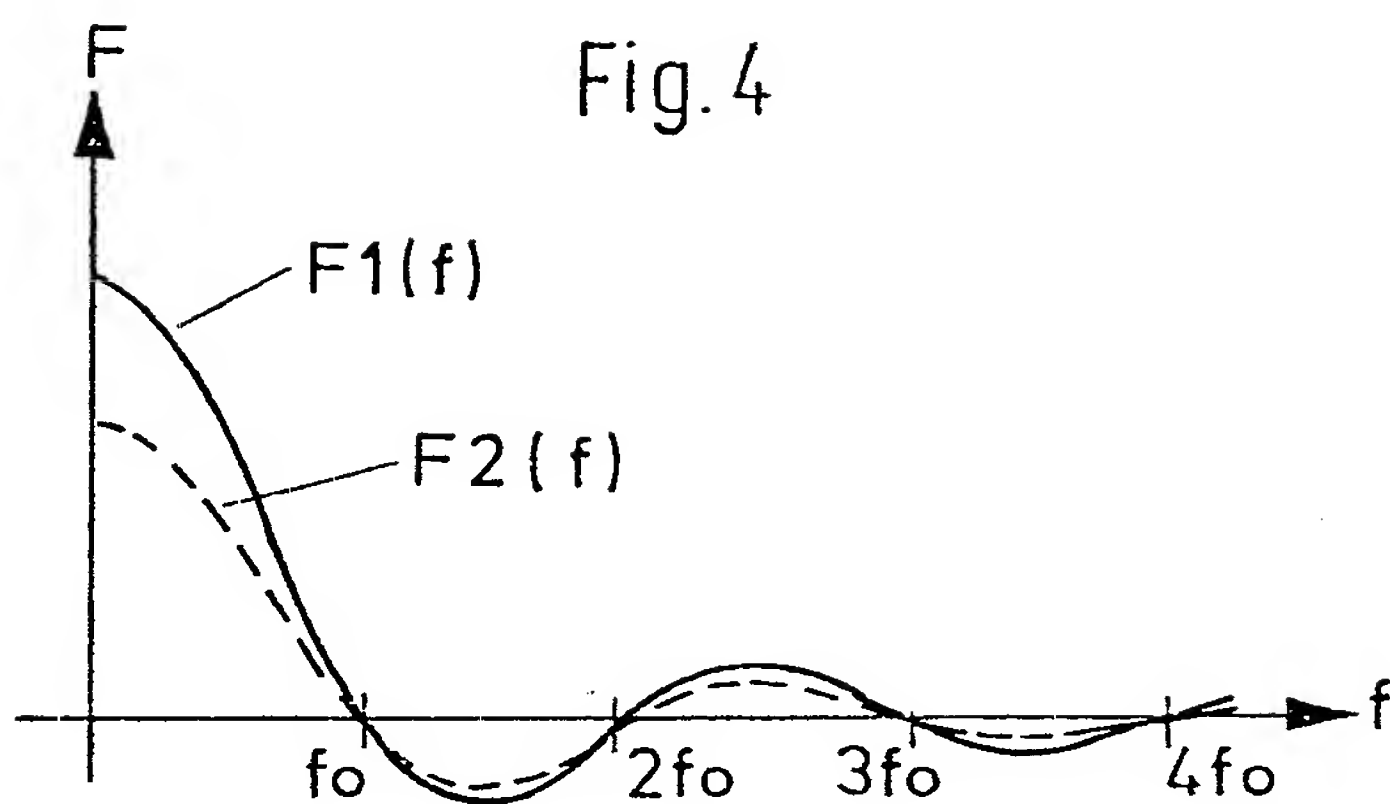


Fig. 5

909832/0274